

## BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



**PRIORITY DOCUMENT**  
 SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
 COMPLIANCE WITH  
 RULE 17.1(a) OR (b)

RECD 26 JAN 2004

WIPO

PCT

DE 03/4015

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
 einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 57 097.3

**Anmeldetag:** 05. Dezember 2002

**Anmelder/Inhaber:** X-FAB Semiconductor Foundries AG,  
 99097 Erfurt/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Herstellung von mikroelektromechanischen Systemen (Microelectromechanical Systems: MEMS) mittels Silizium-Hochtemperatur-Fusionsbonden

**IPC:** B 81 C, B 81 B

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 7. Januar 2004  
 Deutsches Patent- und Markenamt  
 Der Präsident  
 Im Auftrag

Verfahren zur Herstellung von mikroelektromechanischen Systemen (Microelectromechanical Systems: MEMS) mittels Silizium-Hochtemperatur-Fusionsbonden

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von MEMS, bei denen der Sensor und die Sensorsignalverarbeitende Elektronik monolithisch integriert sind.

MEMS werden seit Jahren auf der Basis von Silizium-Technologien hergestellt. Als MEMS wurden ursprünglich Sensoren bezeichnet, die sich aus einem mikromechanischen Teil und einem mikroelektronischen Teil zusammensetzten. Die Herstellungsverfahren können nach ihrem mikromechanischen Aufbau im wesentlichen in zwei Kategorien eingeteilt werden. Einerseits wird eine Siliziumscheibe in ihrer ganzen vertikalen Dimension, d.h. in die Tiefe hinein bearbeitet, um Strukturen zur Detektion mechanischer Größen, wie z.B. Druck und Beschleunigung herzustellen (bulk-micromachining technologies), zum anderen werden solche Strukturen nur an der Oberfläche der Siliziumscheibe erzeugt (surface-micromachining technologies). Bei dem erfindungsmäßigen Verfahren handelt es sich um eine Verknüpfung beider Technologiearten.

Während anfänglich die Sensoren zur Detektion mechanischer Größen und die signalverarbeitende Elektronik (z.B. digitale integrierte Schaltkreise) getrennt waren, zwingt der technische Fortschritt heute zur monolithischen Integration beider. Die Integration von mikromechanischen Sensoren und elektronischen Schaltungen auf einem Chip stellt hohe Anforderungen an die Herstellungstechnologie, da die Herstellungsprozesse der Sensoren häufig nicht kompatibel zu denen der hochintegrierten CMOS-Technologien mit z.B. Strukturgrößen  $\leq 1\mu\text{m}$  sind. Kompromisse hinsichtlich erreichbarer Daten (Empfindlichkeit,

Genauigkeit, Meßbereich), Integrationsgrad (Strukturgrößen), Zuverlässigkeit und Kosten sind die Konsequenz.

Die für den Teil der mikromechanischen Sensoren der MEMS bekannte spezifische Verfahrensweise besteht in der Strukturierung eines Kavitätenkörpers zumeist einer Kavitätenscheibe (Kavitäten-Wafer) durch halbleiterübliche Prozeßschritte wie Oxidation, Fotolithografie und naßchemisches Ätzen. Dadurch werden Vertiefungen in das Silizium geätzt, die später durch Überdeckung zu Hohlräumen (Kavitäten) werden über denen sich die Silizium-Membran oder andere sich unter mechanischen Belastungen bewegende Sensorelemente befinden. Nach Strukturierung des Kavitäten-Körpers wird dieser mit der Seite, welche die Einstellungen besitzt, durch ein Scheibenbondverfahren mit einer Abdeckscheibe (top-cap-wafer) untrennbar verbunden, so daß die Vertiefungen Hohlräume bilden. Anschließend wird der so entstandene Scheibenstapel durch Siliziumschleif- und Polierprozesse, wie sie standardmäßig in der Halbleiterherstellung verwendet werden, entsprechend bearbeitet, so daß die Abdeckscheibe stark abgedünnt wird.

In den Schriften DE 199 27 970 und DE 199 27 971) ist beschrieben, daß zur Erzeugung der Kavitäten eine Zwischenschicht dient, die auf eine der beiden Halbleiterscheiben aufgebracht wird. In dieser Zwischenschicht werden Ausnehmungen (Einstellungen) erzeugt. Über die Zwischenschicht auf der einen Halbleiterscheibe wird diese mit einer zweiten Halbleiterscheibe verbunden. Danach wird eine der beiden Halbleiterscheiben bis auf die der Membran entsprechenden Dicke abgedünnt, womit sich über der Kavität eine Membran ausgebildet wird. Da in diesen Fällen die elektronischen Strukturen im homogen dotierten Scheibenmaterial erzeugt werden, die Scheiben mittels einer auf eine Halbleiterscheibe aufgebrachten Zwischenschicht verbunden werden, handelt es sich offenbar nicht um Hochtemperatur-Fusionsbonden, da ferner die Herstellung von Drucksensoren beschrieben ist, kann davon

ausgegangen werden, daß CMOS-spezifische Verfahren für hohe Integrationsdichten und hohe Werten der Zuverlässigkeit und Ausbeute nicht vorteilhaft eingesetzt werden können. Defekte, die im homogenen Scheibenmaterial (Czochralski-Silizium) vorhanden sind, verhindern z.B. die Herstellung eines qualitativ hochwertigen Gateoxids.

Bekannt ist andererseits aus der Patentschrift US 5,295,395, im Zusammenhang mit der Beschreibung der Herstellung eines Membranrückensensors eine erste Halbleiterscheibe mit einer Epitaxieschicht entgegengesetzter Dotierung, über welche diese mit einer zweiten Halbleiterscheibe durch Fusionsbonden verbunden wird, wonach eine Abtragung der ersten Halbleiterscheibe bis auf die Epitaxieschicht so erfolgt, daß die Membran durch die Epitaxieschicht gebildet wird. Ein Hinweis auf die nachträgliche Erzeugung von signalverarbeitenden elektronischen Schaltungen auf der Oberfläche der Epitaxieschicht ist nicht gegeben. Vielmehr muß man aus der Patentschrift entnehmen, daß nach dem Scheibenboden kein weiterer Hochtemperaturschritt mehr angebracht ist, weil zur Vermeidung von Verformungen der Scheibenbereiche der Deckscheibe über den Einsenkungen beim Scheibenverbinden eine Füllsubstanz in den Einsenkungen nötig war, die später wieder entfernt wurde.

In den bekannten Veröffentlichungen gibt es keine Hinweise darauf, daß der elektronische Teil der Sensoren und die signalverarbeitende Elektronik in Form von hochintegrierten Schaltkreisen monolithisch integriert mit den selben Herstellungsverfahren ausgebildet werden.

Zweck der Erfindung ist die Steigerung der Empfindlichkeit und der Zuverlässigkeit sowie die Senkung der Herstellungs- und Anwendungskosten von MEMS mit integrierter Auswertelektronik

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Verbesserung des Herstellungsverfahrens, so daß der sensorspezifische Teil und der Teil der auf CMOS-Technologie beruhende Teil der Auswerte-

elektronik der MEMS mit einer vereinheitlichten Technologie monolithisch hergestellt werden können.

Die Aufgabe wird mit den im Anspruch 1 beschriebenen Mitteln gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen zu entnehmen.

Durch die Spezifikationen des Scheibenmaterials der Deckscheibe und speziell der von dieser getragenen Epitaxieschicht (Dotierstoff, Schichtwiderstand, Defektstruktur), welche im speziellen Fall die Dicke der gewünschten Membran haben kann, sowie Anwendung des Hochtemperatur-Fusionsbondens zum Verbinden zweier Halbleiterscheiben können die Anforderungen für die Anwendung einer CMOS-Technologie erfüllt werden.

Es liegt im Rahmen der Erfindung, daß in die Epitaxieschicht der Deckscheibe bereits vor dem Scheibenbonden elektronische Strukturen eingebracht werden, die so ausgelegt sind, daß sie von den nachfolgenden Hochtemperaturbehandlungen nicht mehr wesentlich verändert werden oder mit diesen fertig präpariert werden, was zu einer Verdichtung der elektronischen Strukturen oder/und auch zu einer Datenverbesserung beitragen kann.

## Ansprüche

1.

Verfahren zur Herstellung von mikroelektromechanischen Sensoren (MEMS), bei denen die Sensoren und die sensorsignalverarbeitende Elektronik monolithisch integriert ausgeführt sind, indem eine Kavitäten enthaltende erste Siliziumscheibe mit einer zweiten, eine Epitaxieschicht tragenden Deckscheibe durch Hochtemperatur-Fusionsbonden über die Epitaxieschicht fest miteinander verbunden werden, wonach der Scheibenverband von der zweiten Scheibe her bis zur Epitaxieschicht d.h. auf eine dem mikromechanischen Teil des Sensors entsprechende Membrandicke oder Dicke eines anderen auf mechanische Beanspruchung sensiblen Teils der Halbleiterscheibe abgetragen und dabei abschließend poliert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach dem Polierprozeß die zur Kavität positionierten elektronischen Sensorstrukturen gemeinsam mit den analogen oder/und digitalen Schaltungen auf der polierten Oberfläche mittels CMOS-Technologieverfahren erzeugt werden.

2.

Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Scheibenverbindungsprozeß in der Epitaxieschicht bereits Strukturen elektronischer Schaltungen auf der Seite vorhanden sind, die nach der Verbindung der Kavität zugewandt ist.

3.

Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronischen Strukturen auf der der Kavität zugewandten Seite zumindest nach dem Scheibenboden zur polierten Seite durchgreifen, z.B. elektrisch leitende Kanäle bilden.

4.

Verfahren nach Anspruch 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die auf der der Kavität zugewandten Seite vorhandenen elektronischen Strukturen spezielle Sensoren, z.B. für die Analyse des an der Membran in der Kavität anliegenden Mediums enthalten.

## Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines mikroelektromechanischen Systems (Microelectromechanical System: MEMS) beschrieben, das monolithisch integriert den Sensor mit der sensorsignalverarbeitende Elektronik auf CMOS-Technologie-Basis enthält. Durch Verbinden einer Vertiefungen besitzenden Halbleiterscheibe mit einer Epitaxieschicht tragenden über die Epitaxieschicht mittels Hochtemperatur-Fusionsbonden zu einer Doppelscheibe und anschließenden einseitigen Abtrag der Doppelscheibe mit nachfolgender Politur bis zur Freilegung der Epitaxieschicht bei gleichzeitiger Schaffung einer Membran werden die Voraussetzungen geschaffen, um den elektronischen Teil des Sensors und die signalverarbeitende Elektronik mit CMOS-Technologieverfahren zu realisieren.